

ACTIVITÉS

1. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

Étude d'un projet de parc éolien offshore

Commentaires

La Bretagne est une presqu'île énergétique, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune centrale nucléaire. Lorsque de gros appels d'électricité se produisent en période de froid rigoureux, EDF est amené à pratiquer des coupures pour délester. Il faut donc que de nouvelles ressources émergent.

Le document 1 est constitué d'un texte présentant l'évolution générale de la production énergétique en Europe. Ce texte est accompagné d'un graphique à interpréter, d'une photographie avec une carte de la Bretagne ainsi que de la chaîne énergétique complète d'une éolienne à mettre en parallèle avec la question 4 du QCM « Se tester pour commencer » en ouverture de chapitre.

Le document 2 présente schématiquement et simplement le fonctionnement d'un parc éolien en mer. Enfin, le document 3 développe quelques avantages et inconvénients des parcs offshore.

Réponses

S'APPROPRIER

1. Les usines marémotrices et les éoliennes offshore (doc. 1) sont deux exemples d'exploitation de l'énergie marine. (Il y a également les hydroliennes ou moulins sous-marins et les barrages flottants pour exploiter l'énergie de la houle.)

ANALYSER

2. a. La production d'électricité primaire augmente progressivement depuis 2001 et a été multipliée par 2,7. Cette augmentation participe à celle de la production d'énergie totale qui atteint, en 2010, environ 590 ktep, soit 8,3 % des besoins couverts contre 5,5 % en 2001.

Rappel: l'électricité primaire est l'électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire, photovoltaïque ou géothermique.

b. D'après le texte, la Bretagne a produit 6 910 GWh d'énergie pour sa consommation finale en 2010.

Or, $1 \text{ Wh} = 3,60 \times 10^3 \text{ J}$ d'où :

$$\mathcal{E} = 6\,910 \text{ GWh} = 6\,910 \times 3,60 \times 10^3 \text{ GJ.}$$

De plus, on sait que $1 \text{ tep} = 42 \text{ GJ}$.

On en déduit que :

$$\mathcal{E} = \frac{6\,910 \times 3,6 \times 10^3}{42}$$

$$\mathcal{E} = 594 \times 10^3 \text{ tep} = 594 \text{ ktep.}$$

D'après le graphique, l'énergie produite en 2010 vaut environ 590 ktep.

Les deux valeurs sont cohérentes.

RÉALISER

3. Une turbine offshore ayant une puissance moyenne de 5,0 MW peut produire $\mathcal{E} = 15 \text{ GWh}$ d'énergie électrique par an.

La relation $\mathcal{E} = P \times \Delta t$ entraîne :

$$\Delta t = \frac{15 \times 3,6 \times 10^{12}}{5,0 \times 10^6}$$

$$\Delta t = 11 \times 10^6 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{11 \times 10^6}{3\,600} \text{ h} = 3\,055 \text{ h} = 3,0 \times 10^3 \text{ h.}$$

VALIDER

4. a. L'éolienne ne fonctionne à pleine puissance que 45 % du temps d'après le document 2 :

$$\Delta t = 0,45 \times 3,0 \times 10^3 = 1,35 \times 10^3 \text{ h} = 56 \text{ j.}$$

Pour qu'une telle éolienne produise 15 GWh d'électricité, il faut qu'elle fonctionne environ 56 jours par an, ce qui est peu. On peut donc supposer que cette éolienne fonctionnera sur une durée plus longue et permettra de produire davantage d'énergie.

b. En 2010, la Bretagne ne couvrait que 8,3 % de ses besoins en énergie. L'installation des 600 éoliennes offshore doit permettre d'atteindre une puissance de 3 GW, soit l'équivalent de deux réacteurs nucléaires. Ce projet devrait aider la région à obtenir son indépendance énergétique.

Il ne faut pas non plus sous-estimer les avantages et les inconvénients d'un parc éolien.

2. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

Économies d'énergie au quotidien : habitat et transport

Commentaires

Des réflexions sont menées afin de faire des économies d'énergie dans les deux domaines les plus énergivores, à savoir l'habitat et les transports.

Cette activité est constituée de deux parties : les documents 1 et 2 font référence au secteur de l'habitat, tandis que le document 3 s'intéresse à celui des transports. Les questions sont l'occasion de faire réfléchir les élèves à une unité, le $\text{kWh}_{\text{ep}} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$, qu'ils n'ont pas encore eu l'occasion d'approcher. Un bilan énergétique est demandé.

Réponses

S'APPROPRIER

1. a. En 2004, le secteur du bâtiment représentait 43,5 % de la consommation d'énergie française, ce qui est très important. Le Grenelle de l'environnement impose une réduction de la consommation énergétique des bâtiments.

b. Le solaire, la géothermie et la biomasse sont des ressources d'énergie renouvelables permettant de produire de l'énergie domestique. Il y a également l'éolien.

c. La consommation de carburants devrait diminuer dans les trente prochaines années. L'utilisation du pétrole comme carburant devrait aussi diminuer, du fait de sa rareté et de son coût. Le moteur thermique sera de moins en moins utilisé au profit du moteur électrique, du moteur hybride ou du moteur utilisant une pile à hydrogène. L'utilisation des biocarburants devrait aussi augmenter.

ANALYSER

2. La consommation en énergie primaire est donnée par mètre carré et par an. Si la surface du logement double, deux fois plus d'énergie primaire (en $\text{kWh} \cdot \text{an}^{-1}$) sera consommée.

RÉALISER

3. Pour la maison du document 1 :

$$\text{Énergie produite} = 4\,700 + 3\,300 + 5\,000 = 13\,000 \text{ kWh}$$

$$\text{Énergie consommée} = 14\,000 + 5\,000 = 19\,000 \text{ kWh}$$

Sur un an, le bilan énergétique est de :

$$\text{Énergie produite} - \text{Énergie consommée} =$$

$$13\,000 - 19\,000 = -6\,000 \text{ kWh.}$$

La maison consomme davantage d'énergie qu'elle n'en produit. Ce n'est pas une construction à énergie positive.

COMMUNIQUER

4. Le texte doit être court et synthétique. Il doit utiliser les mots-clés écrits dans les documents et les questions comme « habitat », « transports », « concept

Le document 1 renseigne sur l'utilisation du dioxyde de carbone supercritique, un solvant d'extraction de plus en plus utilisé et qui permet de valoriser le CO_2 , l'un des gaz à effet de serre. Le document 2 explique ce qu'est la chimie douce à partir de l'exemple des diatomées. Enfin, le document 3 offre une vue d'ensemble de la chimie

verte et est ainsi un complément au document 2 de l'activité précédente.

Réponses

CONNAÎTRE

1. Une extraction a pour but la séparation de diverses espèces d'un milieu réactionnel. Au lycée, le plus souvent, on veut séparer le produit d'intérêt des autres espèces du milieu. Pour cela, on réalise une extraction par solvant : une extraction liquide-liquide.

S'APPROPRIER

2. a. Dans l'extracteur (étape 1), le dioxyde de carbone est à l'état de fluide supercritique. Puis, lorsqu'il est détendu (étape 2), il devient gazeux ; le recyclage nécessite de le porter à nouveau à l'état supercritique.

b. Le consommateur-citoyen pourrait boycotter les produits qui ne sont pas fabriqués par procédés industriels issus de la chimie verte. Ainsi, les industriels seraient obligés de suivre les principes de la chimie durable.

ANALYSER

3. a. L'extraction au dioxyde de carbone est efficace et ne dénature pas le goût. Cette méthode ne laisse pas de traces résiduelles de solvants et a un bon impact sur l'environnement (utilisation d'un gaz à effet de serre) à un coût raisonnable.

b. L'extraction au dioxyde de carbone supercritique préserve l'environnement puisque le dioxyde de carbone n'est pas toxique et est même un gaz à effet de serre. Travailler à température ambiante permet de faire des économies d'énergie. Cependant, cette extraction nécessite de fortes pressions, elle n'est pas très économe en énergie.

c. Chimie verte et chimie douce visent à faire des économies d'énergie dans l'industrie chimique et à protéger l'environnement tout en offrant une palette toujours plus étendue de matériaux pour répondre aux demandes de la population.

La chimie verte est principalement basée sur des connaissances en physique et en chimie tandis que la chimie douce laisse une large place à la biologie.

COMMUNIQUER

4. Le texte doit être court et synthétique. Il doit utiliser les mots-clés écrits dans les documents comme « chimie durable », « matériaux bio-inspirés », « douze principes de la chimie verte », « perspective globale ». Il doit également s'appuyer sur l'exemple du dioxyde de carbone supercritique et citer au moins un des piliers de la chimie verte.

5. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

Valorisation du dioxyde de carbone

Commentaires

Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre. Sa concentration dans l'atmosphère terrestre augmente toujours plus, au risque de bouleverser le climat. Pour limiter les effets du dioxyde de carbone sur l'effet de

serre, il faut tendre vers sa valorisation car le stockage comporte des risques.

Le document 1 explique comment le dioxyde de carbone est utilisé dans le monde ; le texte est accompagné d'un diagramme indiquant les tonnages des applications du CO_2 . Il est illustré par une photographie de laboratoire de recherche qui étudie les capacités des algues à consommer le dioxyde de carbone. Le document 2 décrit une des voies de valorisation du dioxyde de carbone ; le texte est résumé par un schéma. Des données utiles pour résoudre la question 2. c. sont fournies.

Réponses

S'APPROPRIER

1. a. Il est intéressant de valoriser le dioxyde de carbone car c'est un gaz à effet de serre produit dans les centrales de production d'électricité, les raffineries, les cimenteries, les usines sidérurgiques.

La valorisation du CO_2 permet sa transformation, tandis que le stockage géologique n'est qu'une étape intermédiaire qui remet à une date ultérieure le problème de l'élimination du dioxyde de carbone.

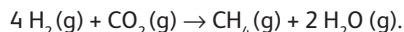
b. Les disciplines concernées par les trois méthodes de valorisation du CO_2 sont la physique, la chimie et la géologie.

RÉALISER

2. a. Au cours de l'année 2015, environ 32 milliards de tonnes de dioxyde de carbone ont été produites. (Source : <http://www.planetoscope.com/co2/261-emissions-mondiales-de-co2-dans-l-atmosphere.html>) En comparaison avec la masse de CO_2 valorisée en 2008 (153,5 millions de tonnes), cela représente un pourcentage de :

$$\frac{153,5 \times 100}{32 \times 1000} = 0,48 \%$$

b. L'équation de réaction s'écrit :



Les gaz sont considérés comme répondant au modèle du gaz parfait ; leurs volumes sont donc proportionnels à leurs quantités. Les coefficients stœchiométriques du dihydrogène, du dioxyde de carbone et du méthane sont dans les proportions 4:1:1. On retrouve bien les mêmes proportions dans les débits volumiques – ou volumes par heure – entrant et sortant de l'unité.

c. Énergie produite par la combustion de $1,0 \text{ m}^3$ de méthane : $33,0 \text{ MJ}$.

Énergie consommée pour produire $1,0 \text{ m}^3$ de méthane : $4 \times 20,0 + 8,0 + 7,0 = 95,0 \text{ MJ}$.

Le bilan énergétique global par m^3 de méthane est de :
énergie produite – énergie consommée =

$$33,0 - 95,0 = -62,0 \text{ MJ}.$$

VALIDER

3. Pour répondre à certains enjeux énergétiques et environnementaux, différentes manières de valoriser le

dioxyde de carbone ont été mises en place, comme :

- sans transformation chimique, le dioxyde de carbone est utilisé pour ses propriétés physiques, comme solvant ou comme réfrigérant par exemple ;
- par réaction chimique avec une autre espèce chimique fortement réactive, le dioxyde de carbone peut mener à la synthèse d'un produit chimique de base ou d'un produit à valeur énergétique plus forte que celle du dioxyde de carbone ;
- par l'intermédiaire de la photosynthèse au sein d'organismes biologiques, telles que les algues, le dioxyde de carbone peut être utilisé pour synthétiser des produits d'intérêt.

6. DÉMARCHE D'INVESTIGATION

Suivi cinétique d'une hydrolyse

Pour cette démarche d'investigation, se reporter aux fiches-guides élève et professeur sur le site : sirius.nathan.fr/sirius2017

EXERCICES Appliquer le cours

13. Comparer deux synthèses

a. Première synthèse : le produit d'intérêt est C_4H_8 .

$$M(C_4H_8) = 4 M(C) + 8 M(H) = 48 + 8 = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Les réactifs :

$$M(C_4H_9Br) = 4 M(C) + 9 M(H) + M(Br)$$

$$= 48 + 9 + 80 = 137 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(C_2H_5ONa) = 2 M(C) + M(Na) + 5 M(H) + M(O)$$

$$= 24 + 23 + 5 + 16 = 68 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_{\text{at}} = \frac{M(C_4H_8)}{M(C_2H_5ONa) + M(C_4H_9Br)} = 0,27$$

Seconde synthèse : $E_{\text{at}} = \frac{M(C_4H_8)}{M(C_4HgBr)} = 0,41$.

b. La seconde synthèse est plus économe en atomes que la précédente. Cependant, elle n'est pas économe en énergie thermique. C'est pourquoi elle n'est pas intéressante du point de vue de la chimie durable.

14. Analyser un document

- a. Le solvant permet la mise en contact des réactifs. L'éthanol, l'hexane, le cyclohexane et le dichlorométhane sont des solvants utilisés au lycée.
- b. Des solides ne peuvent entrer en contact sans solvant.
- c. La vaporisation des solvants traditionnels est l'une des sources de pollution de l'air.

15. Interpréter la thermographie d'une maison

L'isolation de cette maison semble défailante au niveau des fenêtres puisqu'elles apparaissent en rose sur le document : les déperditions thermiques sont importantes puisque la température de la paroi est élevée par rapport à celle des autres zones.

EXERCICES S'entraîner

16. Exercice résolu dans le manuel

17. Application de l'exercice résolu

1. Comme la masse de CO_2 est donnée par kilomètre parcouru, ce véhicule émettra d'autant plus de dioxyde de carbone qu'il parcourra une longue distance.

2. $n_{CO_2} = 12 \times n_{C_{12}H_{26}}$ d'après l'équation de réaction.

Donc, par kilomètre parcouru, $n_{CO_2} = 12 \times 0,22 = 2,6 \text{ mol}$.

Or, $m_{CO_2} = n_{CO_2} \times M = 2,6 \times 44 = 1,1 \times 10^2 \text{ g}$.

3. Ce véhicule est donc de classe B.

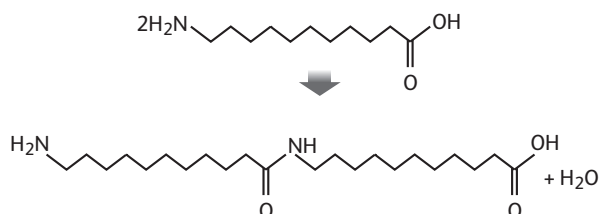
18. ★ Apprendre à rédiger

> COMPÉTENCES : Analyser, s'approprier, réaliser, communiquer.

a. Le ricin n'entre pas en compétition avec les cultures alimentaires et demande peu d'eau.

b. Pharmacie, automobile, ameublement, bâtiment.

c. Il se forme de l'eau.



19. ★ In English Please

> COMPÉTENCES : S'approprier, réaliser.

a. Un train de 200 m de long a une masse de 410 tonnes au lieu de 480 tonnes, soit un gain de 70 tonnes par rapport aux trains concurrents :

$$\frac{70}{410} = 0,17 \text{ soit } 17 \% \text{ de gain sur la masse.}$$

b. Le freinage électrodynamique par récupération permet d'économiser de l'énergie en restituant en priorité l'énergie sur le réseau lors des phases de ralentissement et d'arrêt.

c. L'« électricité sans carbone » est l'électricité produite sans émission de dioxyde de carbone.

d. Les atouts de l'AGV du point de vue du respect de l'environnement sont les suivants :

- pas d'émission de CO_2 ;
- 90 % des matériaux utilisés sont recyclables ;
- économie d'énergie de 15 % ;
- peu d'émission sonore.

20. Transport fluvial

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

Le transport fluvial est l'un des modes de transport alternatif au transport routier. Il va se développer dans les prochaines années du fait du Grenelle de l'environnement. En effet, le transport fluvial est 3,7 fois plus efficace que le transport routier en équivalent pétrole consommé par tonne de marchandise transportée. Il

permet de transporter aussi bien des passagers que des marchandises, matières premières ou produits finis. Son développement doit permettre de multiplier par environ quatre le transport de marchandises par voie fluviale d'ici 2020. Ceci sera rendu possible grâce à la nouvelle liaison entre la Seine et le nord de l'Europe (canal Seine-Nord-Europe).

L'avantage majeur du transport fluvial réside dans le fait qu'un convoi fluvial équivaut à 250 camions de 20 tonnes ou à 125 wagons pour une même quantité de marchandises transportée. Certes, le transport fluvial émet deux fois plus de dioxyde de carbone et consomme environ six fois plus d'énergie par tonne de marchandises transportée et par kilomètre parcouru que le transport ferroviaire, mais il reste très compétitif par rapport au transport routier.

21. Recyclage

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser.

a. Le TMDS étant un sous-produit de l'industrie du silicone, son utilisation permet donc de faire du recyclage dans l'industrie chimique.

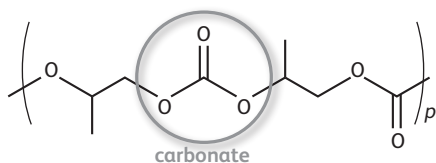
b. Le sous-produit obtenu en fin de réaction peut être valorisé (notamment pour le traitement hydrofuge des matériaux).

c. Dans le texte, il est écrit : « Le TMDS est facile à travailler avec des quantités de Si-H proches de la stoechiométrie. » Le TMDS contient deux liaisons Si-H. Il faut donc environ 0,5 mol de TMDS par mole d'amide.

22. ★ Valorisation du dioxyde de carbone

> COMPÉTENCES : Réaliser, analyser, valider.

a. Dans le polymère, le carbone doublement lié à l'oxygène va bien être lié par ailleurs à deux atomes d'oxygène. Ci-dessous un exemple avec deux motifs consécutifs du polymère.



b. À température ambiante, le phosgène est un gaz volatile mais plus lourd que l'air. Son odeur de foin est relativement discrète et permet mal de détecter sa présence. En cas d'inhalation, le phosgène réagit avec l'eau contenue dans les poumons pour former de l'acide chlorhydrique qui attaque l'organisme. Selon la quantité de gaz inhalé, les conséquences peuvent aller de troubles respiratoires à l'œdème pulmonaire et à la mort.

c. Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre dont il faut se débarrasser, tandis que les polycarbonates possèdent de nombreuses applications dont voici certains exemples sur le site Internet de la société Novomer :

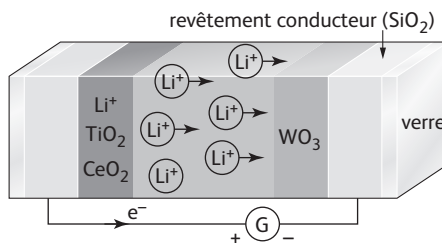
http://www.novomer.com/?action=CO2_commercialization

d. Cette synthèse fait en effet partie du panel de valorisation du dioxyde de carbone puisque ce dernier réagit avec une espèce fortement réactive (l'époxyde) pour donner un produit utilisable dans l'industrie des polymères.

23. ★★ S'auto-évaluer

a. La réaction de formation du « bronze de tungstène » est une réduction car c'est un gain d'électrons.

b.



c. Les électrons circulent alors dans l'autre sens.

La demi-équation s'écrit : $\text{Li}_x\text{WO}_3 = \text{WO}_3 + x\text{Li}^+ + x\text{e}^-$

Le « bronze de tungstène » est donc consommé et la couleur initiale réapparaît.

d. Ces vitrages permettent d'économiser sur la climatisation sans rien perdre au niveau de l'éclairage et du chauffage. Par conséquent, ils permettent de faire des économies d'énergie.

24 Critères de la chimie durable

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

Les documents 2, 3 et 4 permettent d'illustrer principalement les points 1 (éviter les rejets plutôt que d'avoir à les traiter), 2 (économie d'atomes), 5 (limiter les auxiliaires de synthèse) et 9 (rechercher les solutions catalytiques) du premier document.

Selon le deuxième document, l'utilisation des agroressources a fait considérablement augmenter la production d'un sous-produit, le glycérol. Des chimistes ont alors développé des synthèses de molécules tensioactives (de type étheroxyde) à partir de ce glycérol. Historiquement, la synthèse d'étheroxydes se faisait par la synthèse de Williamson, générant des quantités stoechiométriques de sels. La méthode développée par les auteurs de l'article est une synthèse catalysée, transposable dans l'industrie, lors de laquelle presque tous les atomes des réactifs sont utilisés, et ne formant que de l'eau comme sous-produit. D'autre part, le glycérol étant à la fois le réactif et le solvant de la réaction, cette méthode limite les auxiliaires de synthèse.

Le deuxième document présente une réaction dont l'économie d'atomes est optimisée puisqu'elle ne génère aucun sous-produit : la synthèse des esters symétriques de Tishchenko se fait par dimérisation des aldéhydes. Cette réaction se fait grâce à l'utilisation de catalyseurs adaptés à base de ruthénium.

Enfin, le quatrième document montre comment le chimiste contribue à la dépollution de la nature au travers de deux exemples : la dépollution des gaz d'échappement dans les pots catalytiques et le traitement des eaux usées par une méthode photochimique.

On constate que l'ensemble des méthodes décrites utilisent des catalyseurs. Il semble donc qu'un des enjeux majeurs de la chimie moderne soit de développer des catalyseurs toujours plus efficaces et plus spécifiques.

EXERCICES Objectif BAC

Les fiches-guides permettant d'évaluer ces exercices par compétences sont disponibles sur le site : sirius.nathan.fr/sirius2017

25. LES FOURMIS DÉTIENNENT-ELLES LA CLÉ DU CARBURANT DU FUTUR ?

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, valider.

1. L'acide formique est liquide à température ambiante, contrairement au dihydrogène qui est un gaz et qui doit être compressé pour être plus facilement transporté. De plus, l'acide formique est très peu inflammable, contrairement au dihydrogène qui explose en présence de dioxygène, d'une flamme ou d'une étincelle. Enfin, l'acide formique permet de stocker le double d'énergie à volume égal par comparaison avec le dihydrogène.

2. a. Un catalyseur permet de diminuer la durée d'une transformation chimique. Une transformation est « totale » si son avancement maximal est égal à son avancement final. Il n'est donc pas possible de mettre en parallèle cinétique et avancement.

b. L'énergie chimique stockée dans la liaison entre atomes d'hydrogène est convertie en énergie électrique.

3. L'équation de réaction est : $\text{HCO}_2\text{H} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
En considérant la transformation comme totale :

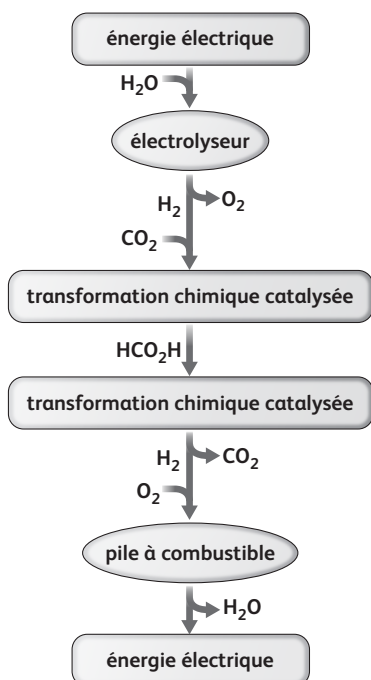
$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{HCO}_2\text{H}}$$

Or, $n = \frac{m}{M}$ donc :

$$m_{\text{H}_2} = m_{\text{HCO}_2\text{H}} \times \frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{HCO}_2\text{H}}} \text{ avec } m_{\text{HCO}_2\text{H}} = d_{\text{AH}} \times V$$

A. N. : $m_{\text{H}_2} = \frac{1,22 \times 1,0 \times 2,0}{46} = 0,053 \text{ kg}$ soit 53 g.

4.



26. RÉOLUTION DE PROBLÈME

Synthèse de l'ibuprofène

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider, communiquer.

Procédé de Boots :

$$UA = \frac{M(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2)}{M(\text{C}_{10}\text{H}_{14}) + M(\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}) + M(\text{C}_4\text{H}_7\text{ClO}_2) + M(\text{HCl}) + M(\text{NH}_2\text{OH}) + 2M(\text{H}_2\text{O})}$$

$$= \frac{206}{134 + 68 + 122,5 + 36,5 + 33 + 36} = 0,48$$

Procédé BHC : $UA = 0,77$.

Par ailleurs, le procédé BHC permet de valoriser le monoxyde de carbone, un gaz toxique produit lors d'une combustion partielle. Il utilise également du dihydrogène relativement aisé à obtenir. Il ne fait apparaître qu'un sous-produit organique qui peut jouer le rôle de réactif dans un autre procédé.

Pour toutes ces raisons, le procédé BHC semble mieux répondre aux objectifs de la chimie verte.